

六. 《城市大脑发展成熟度的年龄评
估模型》论文全文

说明：该论文由 CICC 城市大脑标准研究组成员刘锋、刘颖于 2022 年 8 月发表在《科技导报》第 14 期，是对城市大脑发展成熟度的探索和研究，为构建城市大脑发展成熟度评估规范提供参考。

引用格式：刘锋, 刘颖. 城市大脑发展成熟度的年龄评估模型[J]. 科技导报, 2022, 40(14): 80-91; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2022.14.009

摘要 城市大脑是 21 世纪以来互联网从网状向类脑架构演化并与智慧城市建设结合的产物。通过对比生物脑的发育过程，建立了城市大脑发展成熟度的年龄评估模型。评估模型通过城市大脑的统一规划范围确定年龄段，按照乡镇/区县对应 0~5 岁（幼童级）、城市对应 6~11 岁（儿童级）、省级对应 12~17 岁（少年级）、国家对应 18~23 岁（青年级）、世界对应成年 24~29 岁（成人级）进行划分；从问题解决、数字神经元、云反射弧、性价比、安全性、整体性 6 个方面对建设质量进行评估；评估值换算成年龄增量后，与所处年龄段的最小值相加，从而形成城市大脑的发育年龄。

关键词 城市大脑；智慧城市；发展成熟度

2020 年以来，城市大脑已成为科技领域的新热点，近 500 个城市宣布建设“城市大脑”，阿里、华为、百度、腾讯、科大讯飞、360、滴滴、京东等数百家科技企业宣布进入城市大脑领域，提出自己的泛城市大脑建设计划^[1]。

作为一个新兴的前沿科技领域，不同企业、不同城市对城市大脑的理解并不相同，在建设的过程中没有统一的建设规范和标准作为指导，从而导致不同企业建设的城市大脑千差万别，互不连通。

如何对各个城市的城市大脑发展成熟度进行评估，也就成为一个非常重要的课题。一方面可以帮助产业对已经建设的项目进行更为深刻地复盘，另一方面也可以引导产业在这个领域向更为科学的方向演化。

评估一个城市的城市大脑发展成熟度，首先要明确城市大脑是什么，依据的理论是什么，按照什么原则进行建设，按照什么流程建设，如何运行才能以更低的成本实现预期的需求？只有很好地回答了这些问题，才能制定科学的城市大脑建设与运行成熟度评估模型，对不同城市的城市大脑进行客观和具有引领性的评价。

目前全球应用范围最广泛的成熟度模型主要是软件能力成熟度模型（CMM）。CMM 核心是把软件开发视为一个过程，是对于软件在定义、实施、度量、控制和改善其软件过程的实践中各个发展阶段的描述。根据这一原则对软件开发和维护进行过程监控和研究，使其更加科学化、标准化，使企业能够更好地实现商业目标^[2]。

关于智慧城市成熟度模型，国际标准化组织（ISO）在 2017 年发布标准《Smart community infrastructures: Maturity model for assessment and improvement》（ISO37153:2017）提出了社区基础设施成熟度模型（CIMM）和使用 CIMM 进行评估和改进的方法。CIMM 帮助所有利益相关者了解社区基础设施的性能、流程和互操作性水平、对社区的

贡献,帮助他们确定当前社区基础设施水平的差距并设定改进目标^[3]。

国际标准化组织 (ITU) 2019 年发布标准《Smart sustainable cities maturity model》(ITU-TY.4904) 提出了智慧可持续城市成熟度模型,从经济、社会、环境 3 个维度给出智慧城市建设的目标、水平和关键措施,以便城市有效地检查其当前状况并确定实现长期目标所需的关键能力^[4]。

软件成熟度和智慧城市成熟度的相关成果为制定城市大脑发展成熟度奠定有益的参考基础。本研究将主要分析城市大脑出现的原因,产生的技术和社会背景,以及如何对其进行理解和定义。

1 城市大脑产生的背景与定义

21 世纪以来,包括城市大脑、大数据、云计算、人工智能、数字孪生在内的大量新科技概念不断涌现,种种迹象表明世界范围以互联网为核心的前沿科技生态正在呈现出越来越多的类脑特征,由此互联网大脑模型在 2008 年被提出建立(图 1)。数十亿人类群体智慧与数百亿机器智能通过互联网大脑架构形成一种自然界前所未有的类脑复杂智能巨系统^[5]。

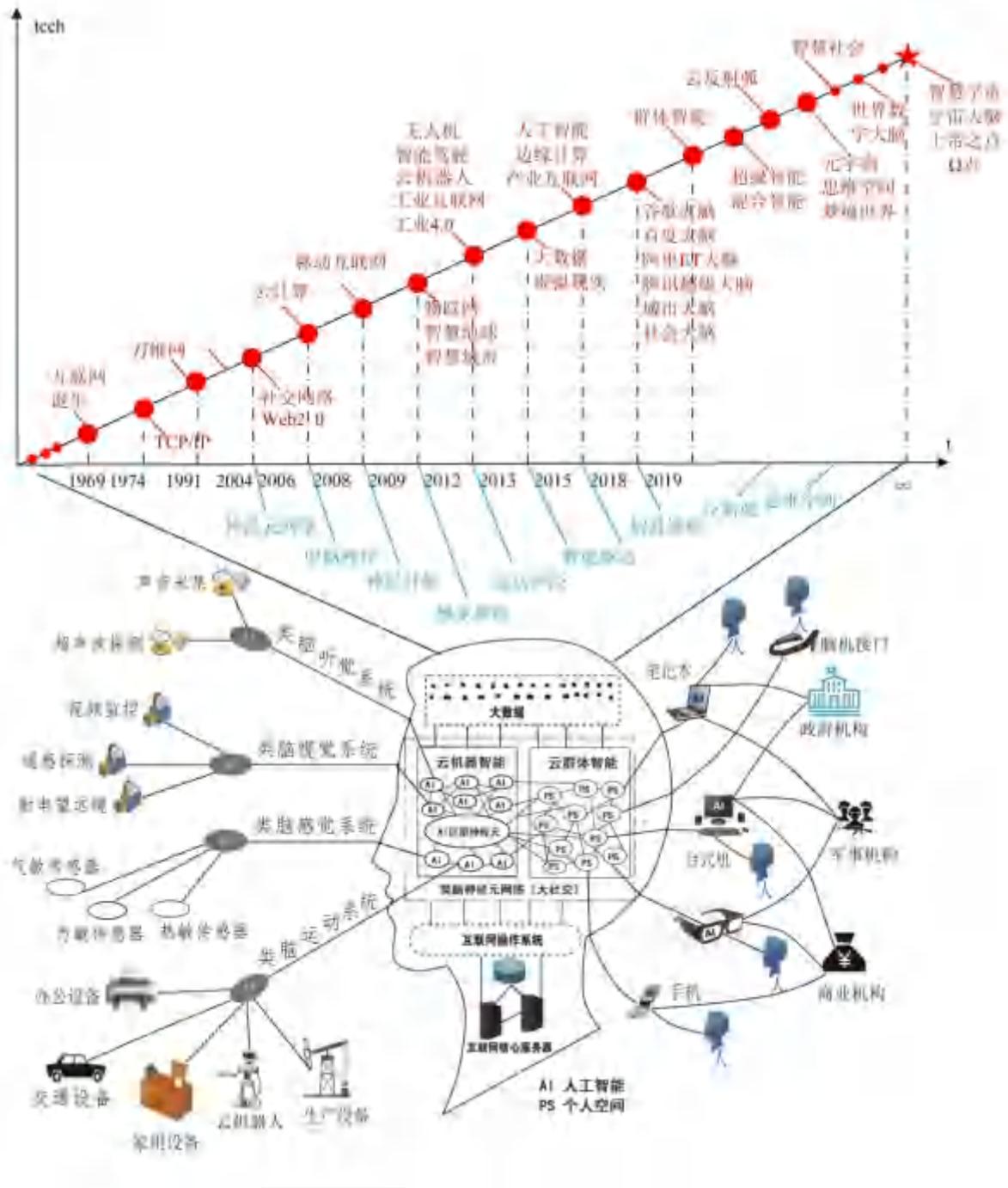


图 1 互联网大脑模型

互联网大脑架构的发育将对 21 世纪科技生态产生重大影响。包括物联网、云计算、大数据、边缘计算、数字孪生、工业互联网、城市大脑和工业大脑在内的许多前沿科技的产生,都与互联网大脑的演化发育有关。

由此，城市大脑在 2015 年被提出后，经过不断演化，形成了如下定义：城市大脑是互联网大脑架构与智慧城市建设结合的产物，是城市级的类脑复杂智能巨系统，在人类智慧和机器智能的共同参与下，在物联网、大数据、人工智能、边缘计算、第五代通信技术(5G)、云机器人和数字孪生等前沿技术的支撑下，数字神经元网络和云反射弧将是城市大脑建设的重点，它们的发展同时促进城市各神经系统包括城市智能管理中枢、城市视觉神经、城市听觉神经、城市躯体感觉神经、城市运动神经、城市记忆、城市神经纤维等系统的成熟。城市大脑的作用是提高城市的运行效率，解决城市运行中面临的复杂问题，更好地满足所覆盖人群的不同需求。城市大脑的发展目标不仅局限在一个城市或一个地区，当世界范围的城市大脑连接在一起，城市大脑最终将形成世界数字大脑，为人类协同发展提供一个类脑的智能支撑平台^[6]。

在城市大脑的定义中的数字神经元是指在应用层为城市大脑涉及的每一个人、物、系统、组织建立世界统一的程序单元（图 2），可以根据需求进行连接、组合、交互，从而实现跨部门、跨行业、跨地区的互联互通。按照类脑的城市大脑框架，这些程序单元被称为城市大脑的数字神经元，而众多数字神经元结合在一起就形成城市大脑的基础结构——数字神经网络^[7]。

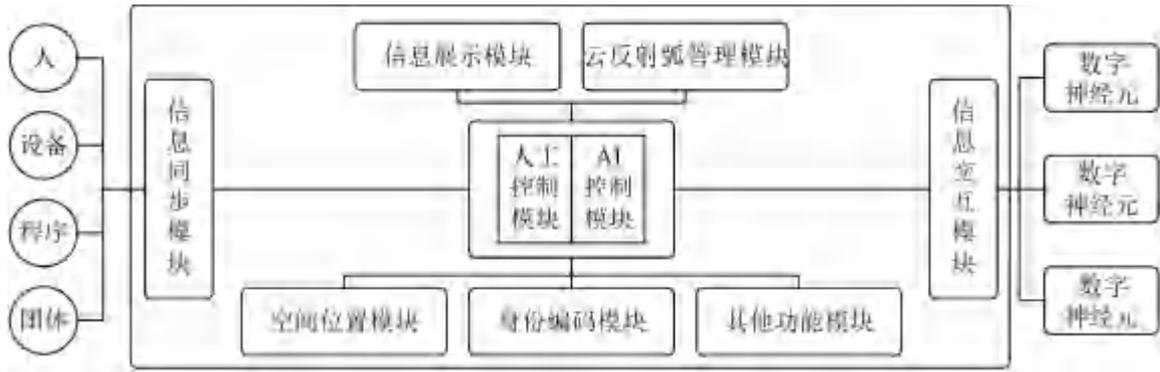


图2 数字神经元结构

城市大脑定义中的城市云反射弧是通过多种数字神经元的组合形成的技术链条，对应解决城市和人类社会的具体问题和具体需求（图3）。与脑科学的反射弧相同，城市云反射弧也包括感受器、传入神经、神经中枢、传出神经和效应器5个部分^[8]。

2009年1月，IBM公司首次提出“智慧地球”概念，由此延伸出的智慧城市概念极大推动了世界各国城市的现代化进程。但是，智慧城市的发展还存在诸多问题，其中一个最重要的问题是：按照怎样的框架将各种前沿科技组合在一起，使城市变的得为智慧，而类脑架构的城市大脑方案可以为这个问题寻找到一条解决方案。

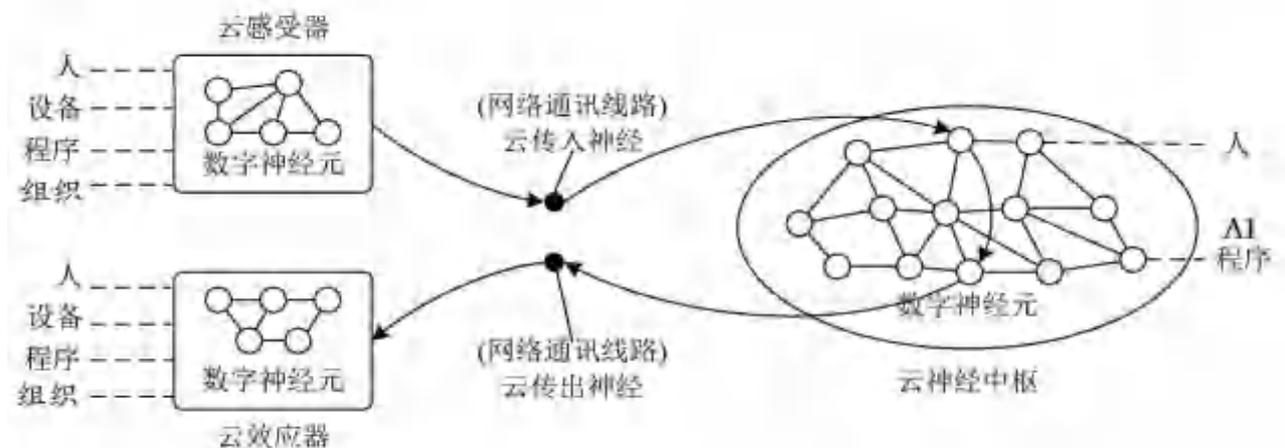


图3 云反射弧结构示意图

2 构建城市大脑发展成熟度模型

2.1 城市大脑的 1+2+N 建设模式和总体结构

在互联网大脑模型中有 3 个最重要的特点 (4): (1) 具有世界统一的类脑神经网络, 实现万物互联; (2) 人类群体智能和机器群体智能基于互联网大脑架构形成一种新的混合智能形态; (3) 通过云反射弧机制实现信息的跨节点传递和数字神经元的协同工作^[9]。

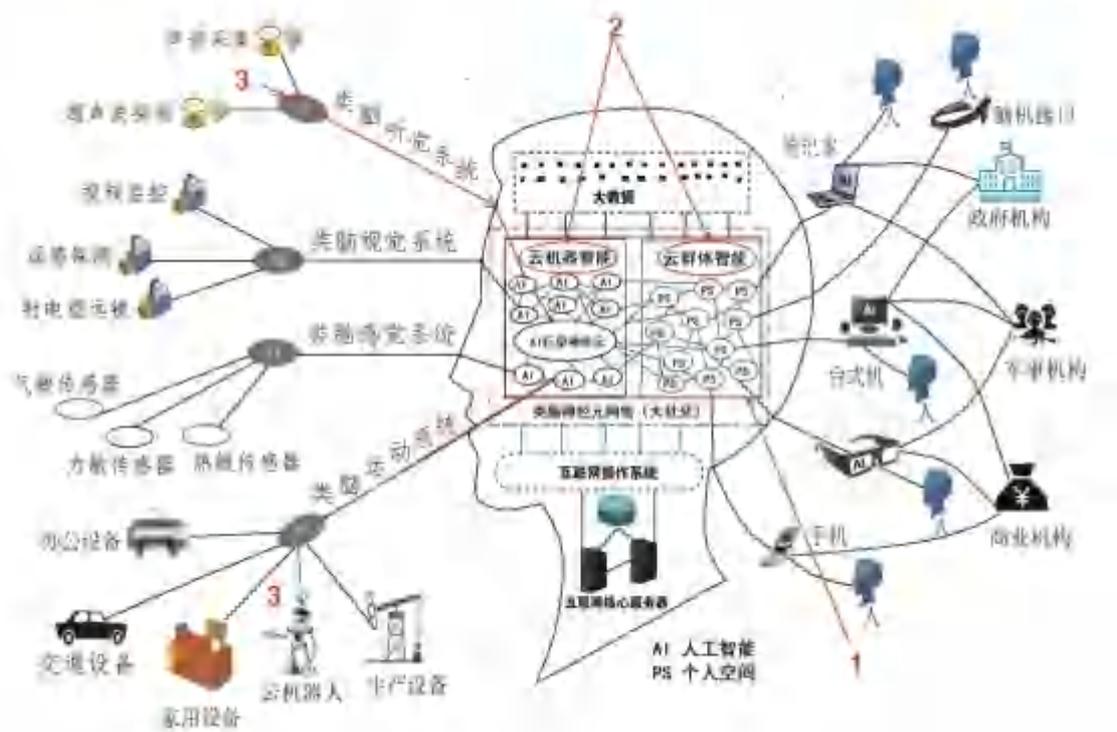


图 4 互联网大脑模型的 3 个重要特征

根据以上 3 个重要特征形成了城市大脑的 1+2+N 的建设模式, 其中 1 是世界统一的数字神经网络, 负责连通人、设备、程序和组织, 为城市云反射弧提供统一的运转基础; 2 是人类智能与机器智能共同形成城市大脑的智能驱动力, 同时要求人类智能权限要总体高

于机器智能； N 是 N 条云反射弧，对应解决城市和人类社会的各种问题，满足人类社会各成员的需求^[10]。

$1+2+N$ 的建设模式的基础上进一步形成城市大脑的总体建设架构，如图 5 所示。它由问题与需求层、云反射弧层、神经网络层、管理控制层、技术支撑层 5 个功能层次组成。

图 5 (a) 所示云反射弧层、数字神经网络层是城市大脑建设的核心；问题与需求层是云反射弧层、神经网络层服务的对象；管理控制层、技术支撑层为云反射弧层、神经网络层和管理控制层的正常运转提供基础支撑。

因为本架构中提出的数字神经元和云反射弧机制具有世界统一的属性，图 5 (a) 还体现出可以在不同社区、乡镇、城市、省/地区和国家之间互联互通，因此在架构模型的左侧体现了这种可跨城市、跨地区应用的特征。

图 5 (b) 体现了通过城市大脑的运转形成智慧城市建设中的各神经系统的发育。如具有映射摄像头设备的大量数字神经元构成城市大脑的视觉神经系统，映射声音设备的大量数字神经元构成城市大脑的听觉神经系统，映射气敏、温敏设备的大量数字神经元构成城市大脑的躯体神经系统，映射机器人、智能汽车、无人机、智能机床设备的大量数字神经元构成城市大脑的运动神经系统，映射不同层级城市管理者 and 辅助决策人工智能 (AI) 系统的大量数字神经元构成城市大脑的智能管理中枢。

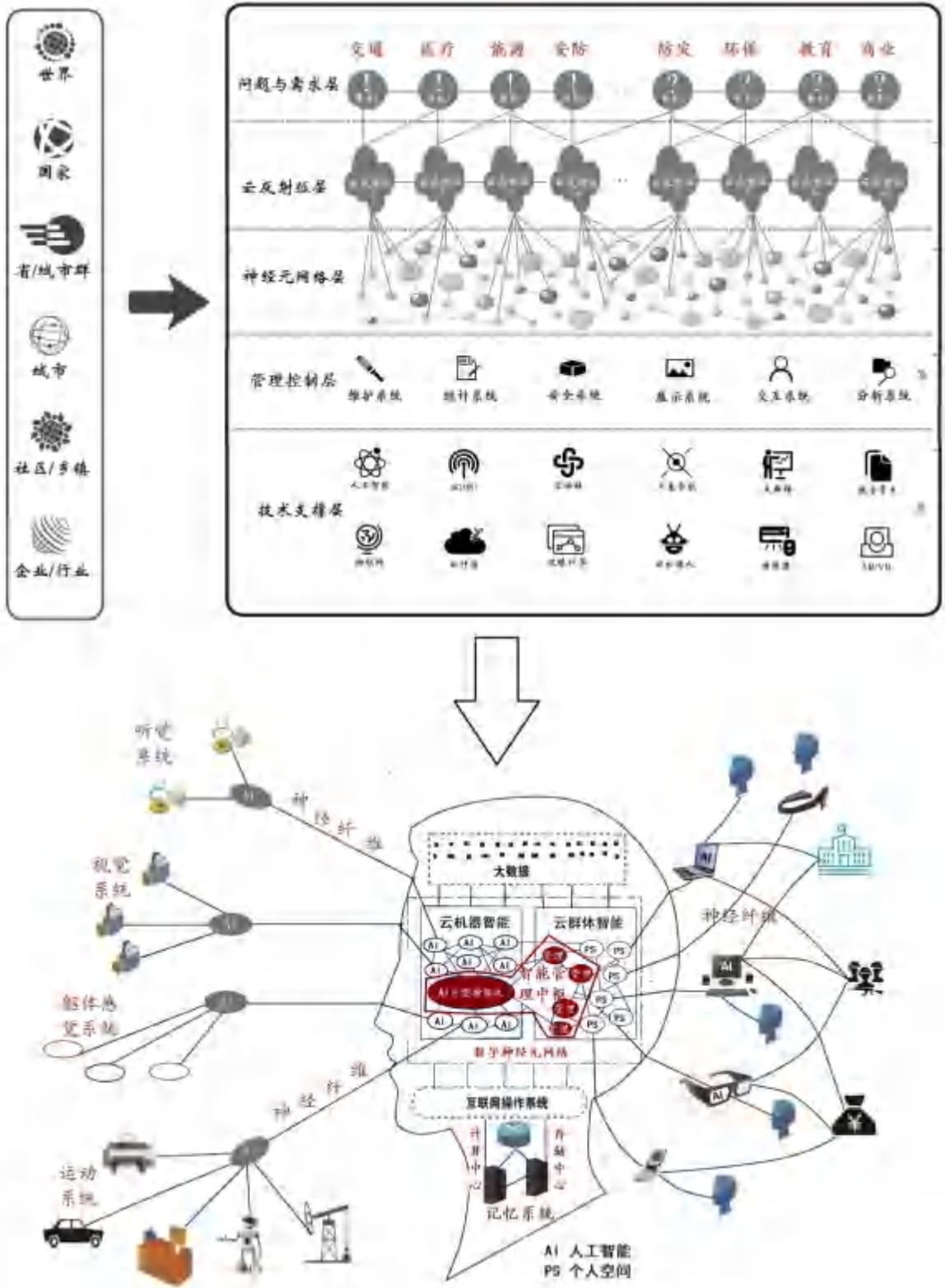


图 5 城市大脑总体架构

2.2 城市大脑建设方案的关键步骤

基于上述城市大脑建设方案的新框架和新特征，可以形成城市大脑建设方案的9个关键步骤^[10]，逻辑关系如图6所示。

步骤1：确定谁是城市大脑的负责主体，这一主体将负责选择和确定城市大脑的建设企业，负责提出建设城市大脑要解决哪些问题，负责监督城市大脑运行的安全性、稳定性和连续性。确定谁是城市大脑的负责主体，可以明确根据管辖的范围和职责对城市大脑进行规划。

步骤2：确定建设城市大脑要解决的问题及排序。任何一项技术最终都是要为人类服务，城市大脑作为一个复杂智能工程系统，能够在不同尺度解决城市中各成员的问题，如何从海量的问题和需求中筛选出需要重点解决的问题，将是城市大脑建设中非常重要的一步。

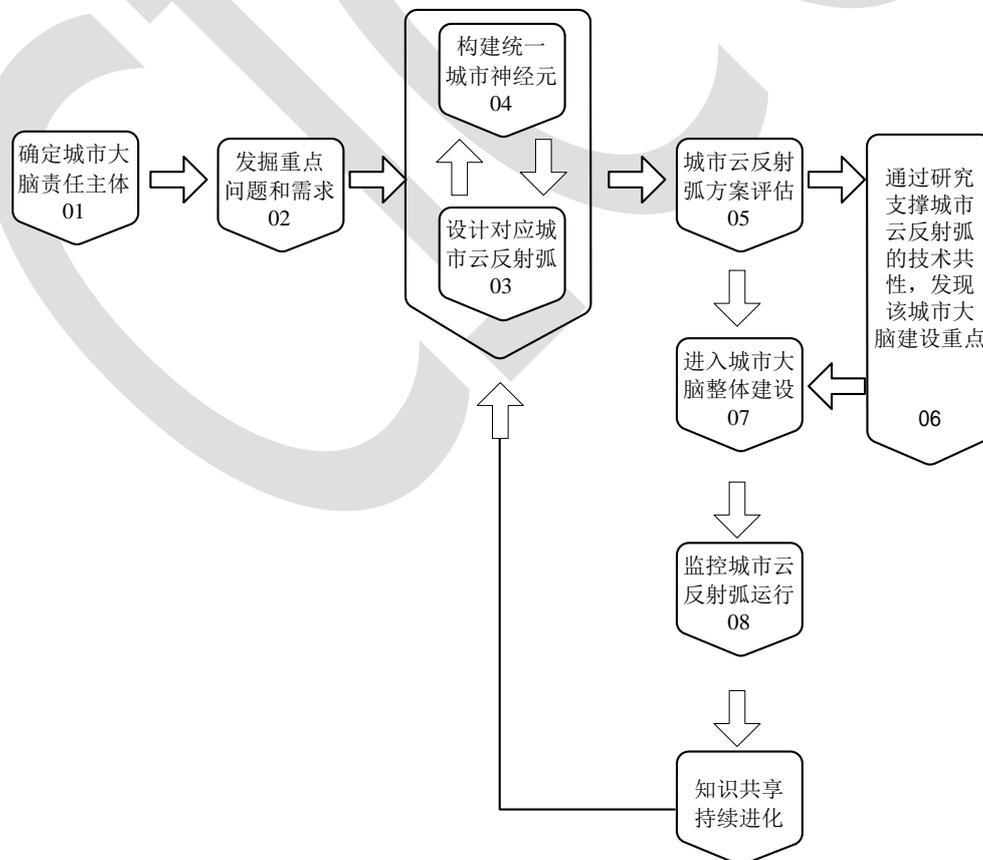


图6 城市大脑建设流程

步骤 3: 针对每个待解决问题设计相应的城市云反射弧方案, 诸多前沿技术需要形成一个整体技术链条进行应对。在面对城市发展和民众需求带来的挑战时, 城市大脑的建设也需要首先考虑如何将每个问题和需求与具体的城市云反射弧对应起来。形成初步的城市云反射弧方案。

步骤 4: 对城市云反射弧的初步规划方案进行评估, 在设计城市大脑的云反射弧机制时, 会面临诸多不确定性因素, 在完成步骤 3 后, 负责主体需要组织各领域专家, 从技术成熟度、建设成本、法律许可、数据支撑度、方案合理性、潜在危险性等多个角度对城市云反射弧进行评估和打分, 供决策者参考使用。

步骤 5: 规划城市云反射弧涉及到的重要数字神经元。需要对每条城市云反射弧和要解决的问题所涉及的人、物、系统、组织形成数字神经元进行规划。包括判断哪些人、物、系统、组织在这条城市云反射弧中是重要数字神经元等。

步骤 6: 设计可实施的城市云反射弧方案并开始建设。在经过上述 5 个步骤的准备后, 参与规划和设计的建设方可以在城市云反射弧的初步设计方案基础上完成可实施的城市大脑云反射弧建设方案, 并开始实施。

步骤 7: 对已建立的城市云反射弧进行质量评估和持续监控。在城市云反射弧建设完成并开始运转后, 可以从每一条城市云反射弧的负责人、灾备方案、运行状态等方面持续评估和监控。城市大脑的需

求方建立管控中心、运营中心，应以能有效监督每一条城市云反射弧的运行是否正常作为建设的重心。

步骤 8：通过云反射弧的共性发现每个城市的建设重点。由于每个城市经济状况、自然状况、居民状况都不尽相同，对应建立的成千上万的城市云反射弧开始规划时，通过聚合效应产生的城市大脑各神经系统建设重心也会出现巨大差异。

步骤 9：实现城市大脑建设的信息公开共享和持续进化。应向社会公布城市大脑建设确定要解决的问题列表、实现技术方案、各系统建设成本等信息（法律法规要求保密的除外），接受城市成员和社会的评估和监督；城市大脑的建设无论在技术还是经验上都是属于全人类的财富。通过城市大脑建设涉及的相关知识的共享，可以极大地推动世界范围城市大脑的快速发展。

2.3 建设城市大脑的 10 条原则

根据城市大脑建设的 1+2+N 模式、总体建设框架和建设与运行流程。提出了建设城市大脑的 10 条原则[10]（图 7）



图 7 城市大脑建设的 10 条原则

1) 具备理论基础。应从城市大脑产生的时代背景, 发展规律、技术特点等方面从科学和技术角度构建城市大脑的基础科学理论, 用以指导城市大脑的顶层设计, 总体框架规划, 建设与评估标准的设定。如果建设城市大脑的依托基础理论不成熟、不可靠会导致城市大脑的发展方向、建设成本和系统安全等方面出现问题。

2) 适应复杂场景。能够适应包括城市和人类社会面临的各种复杂需求带来的复杂场景应用, 包括但不限于交通、治安、医疗、环保、金融、教育等不同领域, 能够方便地应对多个领域或新领域出现的复杂场景问题。

3) 消除信息孤岛。通过对数字神经元相关要素的标准化推行, 消除不同行业、不同企业、不同城市之间形成的信息孤岛。基于世界统一的数字神经元建设标准, 应满足世界、国家、省、市、县、镇等不同层级行政区域需求, 可以跨社区、跨市解决问题, 同时可以兼容省与省之间, 国家与国家之间的城市大脑交互问题。

4) 保证系统安全。城市大脑是一个复杂的智能巨系统, 运行过程中会遇到黑客攻击、病毒侵入、操作者失误和 AI 系统漏洞或错误设计等问题。这些问题通过城市大脑可以把危险放大到整个城市、国家、区域乃至世界范围, 因此在建设中需要对城市大脑的建设和发展进行总体的安全规范。

5) 实现模块建设。城市大脑的工作复杂度高, 涉及的人、设备、程序和组织机构数量异常庞大, 因此城市大脑的建设不应该由一家或几家大型企业垄断, 而应该支持大中小型公司在不同的社区、乡镇、

区县、城市、省甚至国家按照模块化建设，模块之间因为遵循统一的建设标准可以实现自动耦合。

6) 降低运行成本。城市大脑的建设应通过加快信息传递、消除信息孤岛、快速应对各种突发灾害、方便民众日常生活、繁荣商业经济、减少政府运营支出等，降低一个城市或社会的整体运行成本，而不应成为城市可有可无但同时又花费巨大的项目。

7) 保持持续进化。根据城市运行产生的新需求，不断吸收产业发展产生的新技术，管理领域出现的新方法和其他城市建设的经验，持续改进城市大脑的运行机制和技术支撑。

8) 体现人机融合。城市大脑建设应实现人的智慧和机器智能的联合工作，并形成当人的智能和机器智能在决策发生冲突时的解决机制，总体原则为人机结合、以人为本。

9) 坚持以人为本。城市大脑的建设最终是要为人类服务，不应追求使用技术、设备的先进性，而是在服务大众的过程中体现应安全、便利、友好和易掌握性。

10) 支撑协同发展。城市大脑在发展过程中将沿着从城市大脑、省级大脑、国家大脑向世界数字大脑演化，最终的目标是要为人类的协同发展提供支撑。因此城市大脑的建设不是为某个群体、某个部门、某个城市提供服务，而是要为不同阶层、不同机构、不同地区的民众提供完整的系统服务，帮助其共享科技发展的红利，实现社会的共同进步。

3 城市大脑发展成熟度模型的建立

智慧城市和智慧地球是 IBM 公司在 2009 年为城市和人类社会的智能化提出的前瞻的目标和方向,但由于没有为城市和地球如何产生智慧建立基础理论和建设框架,导致世界范围缺乏统一的智慧城市建设标准,产生大量地区孤岛、行业孤岛和数据孤岛^[11]。

智慧城市、智慧地球的智慧究竟从何而来,自然界已经表明,生物脑特别是人脑是产生智慧最重要的结构。而智慧就是生命体或智能体通过不断解决具体的问题满足自己需求的一种能力^[12]。

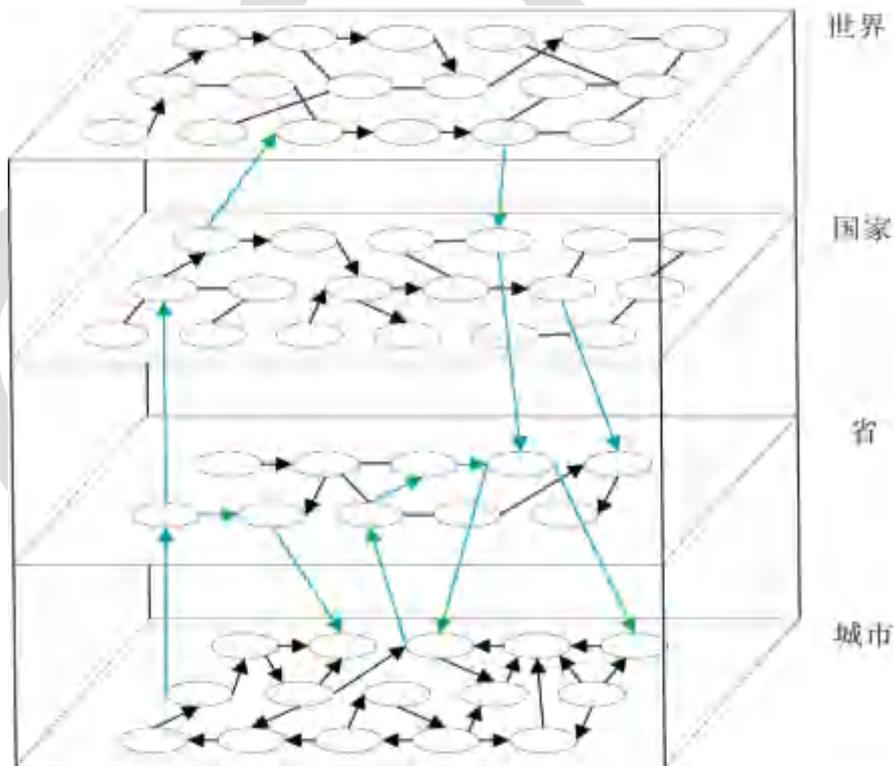


图 8 城市大脑的跨层级交互示意

21 世纪全球前沿科技生态向类脑结构演化,由此城市大脑与世界数字大脑,通过世界统一的数字神经元网络和可跨层级交互的云反

射弧（图 8），不断解决城市和人类社会的各种问题，满足人类的各种需求，从而为智慧城市和智慧地球如何产生智慧找到具体解决方案。因此城市大脑、世界数字大脑可以看作是智慧城市、智慧地球发展到更高阶段的产物^[13]。

3.1 城市大脑发展成熟度评估的年龄阶段划分

人类婴儿刚出生时，大脑重量仅有 350~400 g，大约是成人脑质量的 25%。此时，虽说在外形上已具备了成人大脑的形状和基本结构，但在功能上还远远差于成人。从幼儿到成年，人类个体需要用 20 多年的时间才能完成各个神经系统的发育，实现大脑的完全成熟^[14]。

同样以世界数字大脑为框架的城市大脑发展也将经历从不成熟到成熟的阶段，发育过程不断从乡镇/区县向城市、省、国家乃至世界范围扩展（图 9）。在过去 10 多年的时间里，无论是智慧城市还是城市大脑都经历了从孤立的区域、部门、行业向统一规划的乡镇、城市、省乃至国家范围的演化。到 2022 年，包括上海、浙江、安徽、山东、广东等省市，城市大脑的建设已经从单个的城市规划发展到省一级规划的阶段，这说明城市大脑的发展或发育已经进入新的阶段^[15]。

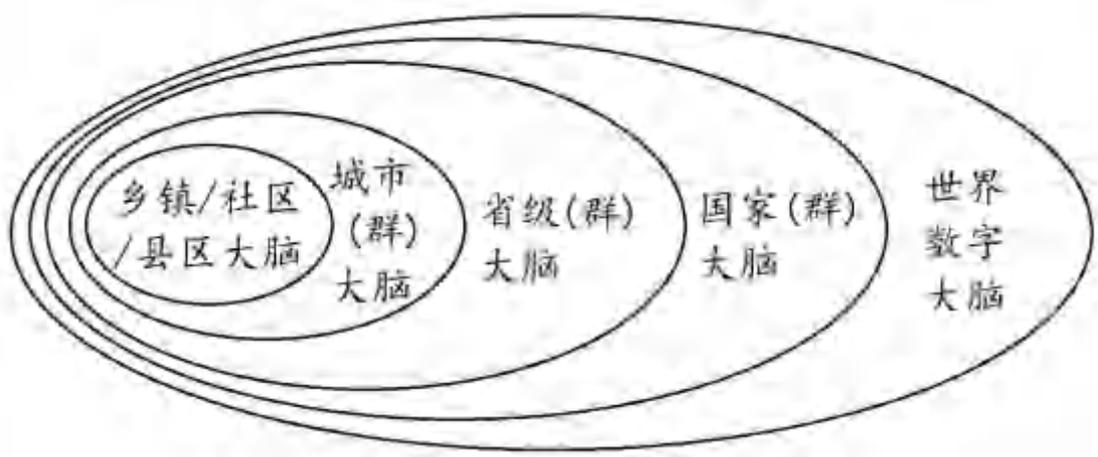


图9 城市大脑的区域发育

由此，可以根据一个城市大脑系统究竟是在乡镇到城市、省、国家乃至世界内进行统一规划来划分其所处的年龄阶段。划分城市大脑发育“年龄”段的标准包括评价目标系统中映射人、物、系统、组织的数字神经元是否统一规划，评价目标系统中解决各种复杂问题和需求的云反射弧机制是否统一规划，形成城市大脑年龄阶段评估规范（表1）。

表1 城市脑发育成熟度年龄段与区域范围对比

年龄段	年龄范围/岁	年龄范围/岁
幼童级	0~5	社区/乡镇/区县
儿童级	6~11	城市/城市群
少年级	12~17	省/省级区域
青年级	18~23	国家/国家群
成年级	24~29	世界范围

在确定城市大脑发展所处的年龄段后，再对每个城市的城市大脑发展质量进行评估，然后换算成年龄增量。年龄段的最小值加上年龄增量就可以得到某个时间点城市大脑发展的年龄，计算公式为：城市大脑的发展年龄= \min （年龄段）+年龄增量

3.2 城市大脑发展质量的年龄增量评估

第 3.1 节提到在多大区域范围统一规划和建设城市大脑决定了该城市大脑所处的年龄阶段，而在该年龄阶段内，城市大脑具体发展的质量将决定其年龄增量是多少。根据城市大脑总体框架的上部右侧和下部结构、城市大脑建设的 9 个流程和 10 条原则，可以进一步形成城市大脑发展成熟度年龄增量（发展质量）的 6 个评估方向（图 10）。

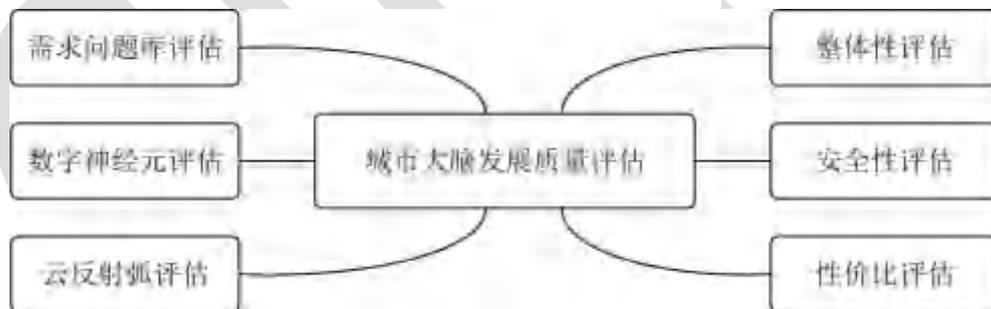


图 10 城市大脑发展质量的 6 个评估方向

1) 需求问题库评估。

需求问题库评估是实现以人为本、协同发展等原则的重要一步。城市大脑只有通过解决城市或社会面临的问题，民众需要被解决的需求才能使得智慧城市产生智慧，而在城市大脑的总体架构模型中的第 1 层就是问题需求层，城市大脑的其他层要围绕问题需求层服务，城

市大脑的9个建设步骤中的第2步提出要确定建设城市大脑要解决哪些问题是构建数字神经网络和云反射弧的重要基础。因此在对城市大脑发展成熟度进行评估时,首先应该对该城市的城市大脑解决的需求和问题进行综合评估,评估是否有明确公开的问题需求库,这些问题和需求是否是城市不同阶层和群体共同关心的重要问题。

2) 数字神经元建设与运行评估。

数字神经元是城市大脑建设的核心要素之一,负责将解决和满足城市各种问题和需求的要素,包括人、设备、程序和有机连接在一起,并通过世界统一的数字神经元结构实现城市大脑在不同范围的弹性扩展。数字神经元也是支撑云反射弧的重要基础技术结构,因此有必要对与问题需求库匹配的数字神经元覆盖情况,数字神经元的功能、编码、建设和应用等情况进行综合评估。数字神经元建设与运行评估是实现适应复杂场景、消除信息孤岛、支持协同建设的重要步骤。

3) 云反射弧建设与运行评估。

反射弧是城市大脑建设的核心要素之一,直接对应解决问题和需求的的技术结构,所有的数字神经元和所有的前沿科技最终要融入云反射弧中,支撑云反射弧的反应快速、鲁棒性强和运行低成本。因此对云反射弧建设和运行进行评估将是城市大脑发展成熟度非常重要的一个环节,是判断城市大脑能否健康运行的核心指标,也是实现适应复杂场景、支持协同建设的重要步骤。

4) 建设与运行整体性评估。

城市大脑是一个类脑的复杂智能巨系统,涉及的要素包括从几万

到几千万的民众用户、各种智能设备、在系统中运行的程序、各种社会和政府组织，建设和运行需要的技术，涉及的学科包括人工智能、机器人、网络通信、公共管理、城市建设、市场经济、网络科学等。需要从整体对城市大脑建设的理论基础、建设方案整体质量、民众总体体验意见、专家总体评估意见、运行协同效应，城市大脑系统的整体进化速度等进行评估，是实现适应复杂场景、支撑协同发展等原则的重要步骤。

5) 建设与运行安全性评估。

城市大脑作为一个面向未来的世界级智能系统，连接了数十亿用户，数百亿的智能设备、程序和组织，按照人类社会的需求形成百亿级以上的云反射弧链条。运行过程中会遇到黑客攻击、病毒侵入、操作者失误和 AI 系统 BUG 等问题。这些问题通过城市大脑可以把危险放大到整个城市、国家、区域乃至世界范围，因此在评估城市大脑发展成熟度时，其建设与运行安全性就是一个非常重要的指标，如果安全性得不到保证，建设和运行城市大脑甚至比不建设还要危险。建设与运行安全性评估也是实现保证系统安全和支撑协同发展等原则的重要保证。

6) 建设与运行性价比评估。

城市大脑的建设是一项建设和运行成本都非常巨大的工程。由于其涉及的需求部门、参与企业、参与人员众多，如何在建设和运行城市大脑的过程中以较小的成本解决民众需求和面临的问题将是一个非常重要的课题。当一个城市的城市大脑建设和运行成本过高，但实

际解决的又不是民众最关心的问题；当需要城市大脑发挥作用时，花费巨大的系统又因为种种原因无法发挥作用，社会对构建城市大脑的必要性会产生很大疑问。因此有必要对城市大脑建设的成本与实际产生的效益结合起来进行判断。这一点也是实现城市大脑建设的十条原则中的降低运行成本的重要步骤。根据这6项评估内容可以形成的评测标准（范例）见表2。

表2 城市大脑发展质量指标

一级指标	二级指标	分值
需求问题库评估	1. 可公开的问题需求库	100
	2. 是否通过民众、专家和政府的打分排序	
数字神经元建设与运行评估	1. 与问题需求库匹配的数字神经元覆盖	100
	2. 数字神经元的功能评估，编码，接口，功能项	
	3. 数字神经元的活跃程度	
	4. 能否模块化建设和链接	
云反射弧建设与运行评估	1. 与问题需求库匹配的云反射弧映射评估	100
	2. 云反射弧支撑神经系统完备性评估	
	3. 云反射弧运行稳定性评估	
	4. 云反射弧灾备方案评估	
	5. 建立灵活性评估	
	6. 适应复杂性评估	

建设与运行性价比 评估	1. 市场化评估	100
	2. 建设成本合理性评估	
	3. 运行成本合理性评估	

表2 城市大脑发展质量指标（续）

一级指标	二级指标	分值
建设与运行安全性评估	1. 人机关系评估	100
	2. 病毒威胁评估	
	3. 黑客威胁评估	
	4. 误操作危害评估	
	5. 失控后果承受力评估	
建设与运行整体性评估	1. 理论基础完善度评估	100
	2. 建设方案整体质量评估	
	3. 民众总体意见评估	
	4. 专家总体意见评估	
	5. 持续进化速度评估	
	6. 运行协同效应评估	

城市大脑发展质量的6项评估总分为600分，根据得分情况划分为基础、中等、优秀、优异和卓越5个等级。评估总得分除以100可以换算为年龄段基础上的年龄增量（年龄增量=评估总得分/100），形成城市大脑发展质量等级和年龄增量评估对应表（表3）

表3 城市大脑发展质量等级与年龄增量评估

总分	发展质量等级	年龄增量/岁
0~200	普通	0~2
200~300	中等	2~3
300~400	优秀	3~4
400~500	优异	4~5
500~600	卓越	5~6

3.3 典型城市大脑案例分析

根据上述城市大脑发展成熟度的年龄模型的评估和计算方法，通过对世界范围的3个典型城市的城市大脑发展情况进行评估，由于对评估的城市数据掌握有待丰富，故采取公开数据和专家打分法结合的方式进行综合评估，形成每个城市的发展成熟度年龄分值和发展质量等级作为示范，但不能作为正式评估的结果。

案例 1：谷歌在加拿大多伦多市的工业滨水建造名为“Sidewalk Toronto”的智慧城市项目^[16]。

项目理念是采用软硬件一体化技术，通过大量传感器的安装，将交通、建筑、公共空间、管网基础设施等，通过科技与数据进行串联，收集交通、噪声、空气质量等方面数据，并监测电网性能和垃圾收集情况，最终通过大数据分析来更好地了解人们居住、出行等问题，以新技术精确匹配城市服务的供需，改善城市生活体验。

根据城市大脑的发展成熟度年龄模型，多伦多市工业滨水区的统

一规划和建设范围是“社区/乡镇/区县”，年龄段属于幼童级（0~5岁）。再通过对该区的城市大脑发展质量从6个方面进行专家打分评估，得出总分数为380分，由此多伦多工业水区的城市大脑发育成熟度为幼童级，发展质量为优秀，其发育年龄为：多伦多工业滨水区城市大脑发育年龄 $=0+380/100=3.8$ 岁。

案例2：中国安徽铜陵建设的城市超脑项目^[17]。铜陵市持续打造“城市超脑”，构建起“城市超脑+部门行业子脑+社区微脑”体系，铜陵市将各个行业部门单位的业务数据和散落在城市不同地点的感知数据、视频数据统一汇聚到“城市超脑”，到2021年6月共归集4921类、超过45亿条数据，该市在“城市超脑”下设置金融、交通、教育等12个部子脑，建立社管信息化平台、“WE社区”2个“微脑”平台，实现了上下联通、业务互通，为城市数字化治理构筑了数据“底座”。“城市超脑”通过唤醒海量数据资源，将智能感知能力覆盖到了城市每个角落。“城市超脑”通过平台调度运行，实现城市事件的发现、分派、处置自动化，解决了此前全靠人力、效率较低、效果不佳的问题。“城市超脑”上线运行以来，事件发现量增加900%，处置时长缩短了70%。

根据城市大脑的发展成熟度年龄模型，中国安徽省铜陵市的统一规划和建设范围是“城市/城市群”，年龄段属于幼童级（6~11岁）。再通过对该区的城市大脑发展质量从6个方面进行专家打分评估，总分数为420分，由此铜陵市的城市大脑发育成熟度为儿童级，发展质量为优异，其发育年龄为：铜陵市城市大脑发育年龄 $=6+420/100=10.2$

岁。

案例 3: 中国浙江杭州市建设的城市大脑。杭州城市大脑建设提出了“531”的逻辑体系架构^[18]。“5”即“五个一”: 打通“一张网”, 做大“一朵云”, 汇聚“一个库”, 建设“一个中枢”, 建强“一个大脑”; “3”即“三个通”: 第 1 个“通”是市、区、部门间互联互通, 第 2 个“通”是中枢、系统、平台、场景互联互通, 第 3 个“通”是政府与市场的互联互通; “1”即“一个新的城市基础设施”。通过全面打通各类数据, 接入各业务系统, 实施融合计算, 将为城市建设一个会思考、能迭代进化的数字化基础设施。

杭州城市大脑建设有一个新因素, 就是 2021 年 2 月, 浙江从省一级推动数字化改革^[19], 提出要构建“152”工作体系: “1”即一体化智能化公共数据平台; “5”即党政机关整体智治、数字政府、数字经济、数字社会和数字法治等五大系统; “2”即数字化改革的理论体系和制度规范体系。而杭州城市大脑的发展已经逐步纳入浙江省组织化改革的整体架中发展, 也说明浙江省的城市大脑已经开始从地市一级的城市大脑规划发展到省一级大脑体系的规划。

因此根据城市大脑的发展成熟度年龄模型, 中国浙江省杭州市的统一规划和建设范围“省/省级区域”, 年龄段属于少年级(12~17 岁)。再通过对该区的城市大脑发展质量从 6 个方面进行专家打分评估, 得出总分数为 390 分, 由此杭州市的城市大脑发育成熟度为少年级, 发展质量为优秀, 其发育年龄为: 杭州市城市大脑发育年龄 = $12 + 390/100 = 15.9$ 岁。

加拿大多伦多市的工业滨水区、中国安徽省铜陵市、中国浙江省杭州市的城市大脑发展成熟度评测结果如表 4 所示。

表 4 2022 城市大脑发展成熟度评测结果

国家	城市	年龄段/岁	发展质量 (年龄增量)	年龄/岁
加拿大	多伦多市的工业滨水区	0~5 (幼童)	优秀 (3.8 岁)	3.8
中国	安徽铜陵	6~11 (儿童)	优异 (4.2 岁)	10.2
中国	安徽铜陵	12~17 (少年)	优秀 (3.9 岁)	15.9

4 结论

根据互联网大脑模型和世界数字大脑框架,形成了城市大脑发展成熟度的年龄评测模型。提出了通过规划统一性的区域范围判断一个城市的城市大脑发展所处的年龄段,然后从 6 个方面综合评估该城市的城市大脑建设质量,并换算成年龄增量,从而得出一个城市的发育年龄。

这种城市大脑发展成熟度的评估方法符合自然界脑的发育轨迹,同时也吻合了城市大脑作为智能复杂巨系统的类脑特征,遵循了城市大脑建设的 1+2+N 建设模式和保持持续进化的建设原则^[20]。

但城市大脑发展成熟度的年龄评测模型也存在一定困难:一是如何设置 6 个评估方向的二级指标问题,由于城市大脑是个异常复杂的

系统，同时不断与世界其他区域不断发生联系而且处于不断进化中，需要研究者和建设者在实践中不断对评价指标进行丰富、修改和删减；二是如何能与世界诸多城市的城市管理者建立联系，获得泛城市大脑所涉及的各种数据、管理流程、设备状况等信息，如果由于安全、隐私等问题无法获得将对城市大脑发展成熟度的评估的准确度产生重要影响。

虽然城市大脑发展成熟度在评估上还存在评估体系和评估数据的困难，但如同对人状态的评估，也可以组织专家和城市居民对一个城市的城市大脑从专业和使用的角度先进行定性评价，在评估体系逐步成熟，城市大脑各项数据不断丰富，再逐步降低定性评价的比例，增加定量评价的比例，从而不断推进城市大脑成熟度的研究与实践。

参考文献 (References)

- [1] 邹俊燕, 徐明慧, 庞晓静. 城市大脑发展现状、典型实践与路径建议[J]. 信息通信技术与政策, 2021(11): 6-13.
- [2] 王强, 田涛, 刘昕昀. 软件测试能力评定模型研究[J]. 计算机技术与发展, 2018, 28(8): 75-79.
- [3] 市川芳明. 智慧社区基础设施标准化[J]. 中国标准化, 2014(3): 79-82.
- [4] 刘文, 邵泽华, 李赞, 等. 智慧城市成熟度模型及评估方法研究[J]. 信息技术与标准化, 2020(7): 17-21.
- [5] 刘峰. 互联网进化论: 破解互联网的奥秘[M]. 北京: 清华大学出版社, 2012.
- [6] Liu F. City cloud brain, a new architecture of smart city based on the internet cloud brain[C/OL]. [2022-05-31].<https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1710/1710.04123.pdf>.
- [7] 刘锋. 城市大脑的起源、建设与未来[M]. 北京: 清华大学出版社, 2022.
- [8] 城市大脑全球标准研究报告[R]. 北京: 中国科学院虚拟经济与数据科学研究中心, 2020.
- [9] 刘锋. 崛起的超级智能: 互联网大脑如何影响科技未来 [M]. 北京: 中信出版社, 2019.
- [10] 刘锋. 城市大脑的起源、发展与未来趋势[J]. 人民论坛·学术前

沿, 2021(9): 82-95.

[11] 王小红. 智慧城市理念与未来城市发展[J]. 科技创新与应用, 2016(13): 72.

[12] 李云庆. 神经科学基础[M]. 2版. 北京: 高等教育出版社, 2010.

[13] 刘锋, 乔蓓蓓. 城市大脑与智慧城市的关系问题探讨[J]. 中国建设信息化, 2021(18): 58-60.

[14] 约翰·C. 埃克尔斯. 脑的进化自我意识的创生[M]. 潘泓译. 上海: 上海科技教育出版社, 2007.

[15] 李旻. 智慧政府数字治理水平与城市可持续发展能力相关性应用[J]. 数字技术与应用, 2022, 40(3): 1-4, 10.

[16] Lam E. Sidewalk Toronto[J]. Canadian Architect, 2019, 64(1): 6.

[17] 张想想, 卫莹. 铜陵: 运转“超级大脑”演绎城市未来[J]. 江淮, 2020(6): 16-17.

[18] 陈云. 杭州“城市大脑”的治理模式创新与实践启示[J]. 国家治理, 2021(17): 16-21.

[19] 郑文纲, 马跃明, 岑文华, 等. 重大集成创新的硬核改革: 浙江推进数字化改革综述[J]. 今日浙江, 2021(3): 13-19.

[20] 2022 城市大脑建设标准研究报告[R]. 北京: 中国科学院虚拟经济与数据科学研究中心, 2022.

An age assessment model for maturity of city brain development maturity

LIU Feng^{1,2,3}, LIU Ying^{4*}

1. Research Center on Fictitious Economy and Data Science, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China
2. Techxcope Digital Brain Institute, Beijing 100080, China
3. Tianfu Institute of International Big Data Strategy and Technology, Chengdu 610218, China
4. School of Economics and Management, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China

Abstract This paper suggests that the city brain is the product of the evolution of the Internet from a mesh to a brain-like architecture since the 21st century and it is combined with the construction of smart cities. Through a comparison with the developmental process of the biological brains, an age assessment model of the maturity of the city brain development is established. With the evaluation model, the various age groups are first identified through the unified planning scope of the urban brain. The District and the County correspond to 0-5 years old (children level), the City corresponds to 6-11 years old(children level), and the Province corresponds to 12-17 years old (juvenile level) , the Country corresponds to 18-23 year old(youth level), and the world corresponds to

24-29 years old (adult level). Then with the evaluation model, the construction quality is evaluated from six aspects: the problem solving, the digital neuron, the cloud reflex arc, the cost performance, the safety, and the integrity. After the evaluation value is converted into an age increment, it is added to the minimum value of the age group to form the developmental age of the city brain.

Keywords city brain; smart city; development maturity

